

ELABORACIÓN DE MORTEROS INCORPORANDO RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL CUERO

Beriain, F. A. A.¹

RESUMEN

Este trabajo desarrollado en el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (LEMIT) en conjunto con el Centro de Investigaciones de Tecnología del Cuero (CITEC) tiene como principal objetivo fabricar elementos para la construcción civil a partir del empleo de residuos del cuero, provenientes de las curtiembres. Lo que motivó esta investigación fue la intención de encontrar una solución económicamente viable para la disposición final de estos residuos y dar a estos, en el mejor de los casos, un valor agregado. Si bien en las experiencias realizadas hasta el momento sólo se utilizaron “**virutas sin cromo**”, cabe aclarar que la mayoría de las curtiembres producen residuos con presencia de este metal pesado lo cual hace imperiosa la necesidad de disponerlos adecuadamente dado que por su elevado potencial de contaminar el ambiente no se pueden disponer de cualquier manera en contacto con el suelo debido al riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. En el presente trabajo se expondrán las cuestiones más importantes en lo que hace al estado fresco del material que se esta estudiando y se evaluará, en su estado endurecido, de qué manera influye la presencia de dicho residuo en sus propiedades físico – mecánicas.

INTRODUCCION

El hecho de que siempre se tenga en cuenta a los ligantes cálcicos cuando de disponer un residuo se trate, se debe a la gran flexibilidad que este tipo de materiales presenta, pudiéndose mencionar como ejemplos a los hormigones elaborados a partir de la incorporación de residuos como las cenizas volantes y las cenizas de cáscara de arroz. Obviamente, siempre resulta más interesante el empleo de estos en su forma natural o con el mínimo tratamiento posible.

En lo que respecta a la industria del cuero, esta se caracteriza por la elevada cantidad de residuos generados. Se estima que de 1000 kg de piel vacuna en estado salado sólo el 26 % se convierte en cuero lo que hace referencia al gran potencial de reaprovechamiento que tienen estos residuos, los que más allá de encontrar en los ligantes cálcicos un medio adecuado para su disposición, podrán otorgar propiedades particulares y favorables al material que se está investigando, como ser en el caso de las virutas la obtención de sistemas mas livianos y con posibles propiedades aislantes.

Entre los residuos sólidos generados en dicha industria, los que nos merecen mayor atención son los que surgen a partir del depilado conservador del cuero (**Residuo Pelo**) y

¹ Becario CIC-LEMIT-CITEC

Directores: Dr. R. Zerbino (Investigador CONICET-LEMIT- Prof. UNLP)

Ing. C. Cantera (Investigador CIC-CITEC)

flavioberiain@hotmail.com

en el rebajado del mismo para uniformar su espesor durante el proceso de curtido (**Residuo Viruta**), aunque en esta nota sólo se hará referencia al segundo, el cual es un material de bajo peso específico (densidad seca aproximadamente igual a 0.4 g/cm^3) y que ocupa mucho espacio, acarreado un gran problema respecto a su almacenamiento. Por otro lado no se dispone para estos de alguna forma de reaprovechamiento que sea compatible con la cantidad generada.

En cuanto a los antecedentes sobre el tema sólo se realizaron algunas experiencias, particularmente en Brasil, donde se evaluó el comportamiento de placas de viruta mezclada con diferentes materiales, entre ellos cemento y cal. Los resultados obtenidos en ensayos físicos y mecánicos mostraron la viabilidad del uso de estos materiales para paneles de construcción. También se realizaron paneles utilizando fibras de cuero aglomeradas y placas de vermiculita. Las placas en las cuales se utilizaron exclusivamente vermiculita presentaban baja resistencia mecánica y no tenían una buena terminación superficial. Al incorporar las fibras de cuero se obtuvo una complementación de propiedades físicas y mecánicas tales como la resistencia a flexión. En general, los resultados obtenidos para estas placas presentaban una buena terminación superficial, estabilidad dimensional y adecuados valores de sus propiedades mecánicas. En 1994 se emplearon residuos del cuero para la fabricación de elementos de cerramiento externo para la construcción, tales como chapas y tejas para paredes. La teja obtenida con residuos de cuero presentó gran resistencia al impacto, además de ser un 64% más liviana que la teja de barro, lo que representa una economía significativa de los costos de armazón principal de madera, que tienen como principal función soportar la carga de dichos elementos.

DESARROLLO DEL TRABAJO

La escasa bibliografía existente sobre el tema que hubiese posibilitado recorrer un camino que tuviese como inicio la conclusión de otros trabajos relacionados con el tema, determino que se invirtiese un tiempo en el conocimiento básico de las particularidades del material a estudiar.

Las primeras experiencias fueron realizadas a partir de la incorporación en forma aleatoria de distintas cantidades del residuo viruta al mortero de cemento, arena y agua (que de ahora en mas llamaremos "Hormigón de viruta de cuero"), obteniéndose un material compuesto con características propias.

Inicialmente se incorporó la viruta con su humedad natural, sin descontar el agua absorbida por el residuo y se pudo percibir que la mezcla se volvía cada vez mas seca debido a la gran absorción que el residuo presenta, a la vez que se produce un importante aumento de volumen.

Podríamos decir en forma general que la dosificación a escoger para el hormigón de viruta depende fundamentalmente de si este ha de servir sólo como aislante (o relleno) o ha de ser apto para soportar cargas (aunque sea su propio peso como en el caso de los bloques no portantes). Como es lógico, en el segundo caso la relación mortero/viruta se incrementa respecto al primero, produciendo beneficios en algunas propiedades como ser la resistencia, pero obteniéndose por otro lado densidades mayores, cuestión esta poco deseable para el material en cuestión.

En cuanto a la elección del tipo de cemento, pueden utilizarse todos los disponibles en el mercado. Debido a que en todos los casos, la resistencia de la pasta de cemento es muy superior a la de la viruta, la resistencia definitiva del hormigón de viruta depende muy poco de la clase de cemento empleada. Por lo tanto, no es posible economizar cemento eligiendo calidades superiores de este material a fin de rebajar el peso específico del hormigón. Como en otros casos de hormigones livianos, los cementos de alta resistencia inicial podrían ofrecer ventajas para obtener resistencias iniciales elevadas, pero se decidió no trabajar con estos por cuestiones de costos. En el presente programa se han utilizado cementos compuestos y fillerizados. Por otro lado, con el propósito de obtener mayor cohesión y trabajabilidad, colaborar en el endurecimiento a edades mas tempranas (se hará referencia a esto mas adelante) y fundamentalmente para disminuir la cantidad de cemento para reducir costos, se ha reemplazado parte de cemento por cal hidráulica. Como de esta manera se obtuvieron buenos resultados, se intentó utilizar también cemento de albañilería (con rendimientos intermedios entre una cal hidráulica y el cemento portland) pero los resultados obtenidos fueron menos alentadores que con el empleo de cemento y cal, en lo que se refiere a sus propiedades físico - mecánicas.

Respecto a las arenas, inicialmente se utilizaron arena oriental y arena argentina en una proporción aproximada 80:20 y 50:50 respectivamente. Dado que las propiedades del material no son sensibles ni a la proporción ni al tipo de arenas utilizadas, resulta más conveniente el empleo de arenas con el menor costo posible. De esta manera, se podría intentar utilizar arena de trituración con ventajas económicas sobre las dos anteriores.

Como se dijo, la viruta utilizada fue "viruta sin cromo" y se la empleó en el estado en que llegó de la curtiembre sin ningún proceso previo (Tabla 1). Recientemente se ha verificado una mejoría en el comportamiento de la mezcla en estado fresco al lavar la viruta con agua, pudiéndose controlar de esta manera el tiempo de fraguado (se volverá sobre este tema mas adelante). De todas maneras los resultados aquí presentados corresponden a hormigones en los que se ha controlado el tiempo de fraguado por la adición de CaCl_2 .

Tabla 1. Análisis de las virutas utilizadas.

Estudio Granulométrico	
Retenido tamiz 4 (4.75 mm)	15.0 %
Retenido tamiz 12 (1.70 mm)	28.0 %
Retenido tamiz 16 (1.18 mm)	10.0 %
Pasa tamiz 16 (< 1.18 mm)	46.8 %
Análisis Químico (*)	
Cenizas (600 °C)	7.2 %
Materias Grasas (Solubles en diclorometano)	0.8 %
Nitrógeno total	14.2 %
Sólidos solubles totales (Sust. Org. + inorg.)	7.6 %
Sólidos solubles volátiles	6.0 %
Cloruros (NaCl)	2.2 %
Sulfatos (Na_2SO_4)	2.0 %
Valor del PH del extracto acuoso	6.8 %
(*) Todos los porcentajes están referidos a base seca de virutas	

Al trabajar con materiales con tanta absorción como es el caso del residuo en cuestión, surge la alternativa de incorporarlo seco, saturado o con algún grado intermedio de humedad. Al evaluar estas cuestiones, se percibió no sólo que, como es lógico, al incorporar la viruta seca o con una baja humedad la mezcla perdía cohesión y trabajabilidad muy rápidamente sino que, por otro lado, al incorporarla saturada, ésta aportaba mucho agua a la mezcla tornándose demasiado fluida, por lo que pareciera ser mas racional utilizar la viruta con una humedad intermedia de manera que no quite ni aporte fluidez mas allá de la que se quiera obtener con el agua de mezclada incorporada, la cual podrá ser mucho mejor controlada.

En cuanto al orden en que fueron ingresados los materiales para el proceso de mezclado, se escogió el siguiente: agua, cemento (o cemento y cal según fuera el caso), arena y viruta, dado que si bien se evaluaron otras posibilidades no parecieron arrojar ventajas sobre el anteriormente mencionado.

Otra cuestión a tener en cuenta en hormigones livianos, es el tema de la compactación. Si bien aquellos hormigones de consistencia mas fluida y con un bajo contenido de viruta pueden ser vibrados, al aumentar la proporción del residuo y al perder este fluidez, éste método de compactación ya no resulta eficaz y se debe recurrir a la compactación manual. Por otro lado, los hormigones frescos con consistencia mas seca se deforman elásticamente como si fueran de goma. Otra alternativa para este tipo de hormigones es el prensado. Si bien no se ha ejercido una presión demasiado elevada, se ha intentado compactar por prensado mecánico y aunque se podría obtener un aumento de resistencia, se percibe también un importante incremento de la densidad del material.

Un fenómeno que muchas veces se verifica en hormigones en los cuales se incorpora algún residuo orgánico y en el cual el hormigón de viruta de cuero no fue la excepción, es el retardo en el tiempo de fraguado. En todos los casos en los cuales se incorporó el residuo, se observó un importante retardo en el tiempo de fraguado viéndose éste incrementado con la cantidad del residuo incorporado, dificultándose el desmolde inclusive a las 24 horas e inviabilizando cualquier procedimiento industrial ya que se tornaría antieconómico. Con la intención de obtener un endurecimiento más rápido del material se han evaluado distintos procedimientos; entre ellos: curado acelerado en agua hirviendo, pretratamiento de la viruta con hidróxido de sodio, lavado de la viruta (con solvente, con agua y con solvente y agua), incorporación de cloruro de calcio al hormigón y curado en horno. De estos, los que dieron resultados "favorables" fueron los tres últimos. Refiriéndonos específicamente al lavado de la viruta, el que mejor resultó fue el que utilizó sólo agua pudiéndose desmoldar a las 24 horas con el hormigón endurecido. Respecto a la utilización del CaCl_2 , la principal dificultad que tiene es que para que resulte efectivo se deben incorporar dosis demasiado elevadas. Una manera de obtener los mismos tiempos de endurecimiento con menores cantidades de CaCl_2 es reemplazando parte de cemento por cal, ya que esta colabora para reducir el tiempo de fraguado del material y para la misma cantidad de viruta, con un reemplazo del 20 % de cal por cemento, se necesitarán aproximadamente un 40 % menos de CaCl_2 y un 80 % menos en el caso de que el reemplazo de cemento por cal sea del 40 %. Por otra parte, en estado endurecido y en presencia de humedad, los altos contenidos de CaCl_2 se reflejan en manchas de eflorescencia en la superficie del material, a los pocos días de su elaboración. En lo que hace al otro método que ha resultado efectivo para controlar el endurecimiento del hormigón de viruta, el curado en horno, este ha dado muy buenos resultados ya que curando a temperaturas del orden de 50°C y para la misma proporción de viruta comentada

anteriormente, se ha podido desmoldar antes de las 15 horas, aunque la cuestión desfavorable que este método presenta es que el curado en cámara térmica es un tratamiento demasiado costoso. De esta manera surge la necesidad de proceder al lavado de la viruta antes de su utilización para evitar agregar una variable más (como sería el CaCl_2) y no incrementar los costos del material.

Refiriéndonos al curado de estos hormigones e independientemente del método que se utilice para obtener endurecimientos que sean compatibles con procedimientos industriales, si bien la viruta de cuero debido a su gran absorción mantiene muy húmedo al hormigón, se ha constatado un mejor comportamiento del material y menor dispersión en los resultados de sus propiedades físico-mecánicas, curando en cámara húmeda, inclusive en los ensayos a 7 días.

EXPERIENCIAS

Con la intención de evaluar las propiedades físico – mecánicas de los hormigones de viruta de cuero, se moldearon probetas de 4 x 4 x 16 cm a las cuales se le realizaron los siguientes ensayos: flexión y compresión siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 1622, absorción y densidad de acuerdo a la norma ASTM 642-90, absorción capilar siguiendo el esquema preliminar de la Norma IRAM 1871 y por último se sometió a las probetas a ciclos alternados de mojado y secado con la intención de evaluar las variaciones dimensionales de dicho material y establecer de esta manera otro parámetro comparativo.

Si bien, como se comentó anteriormente, se realizaron varias dosificaciones modificando en forma aleatoria distintos componentes de la mezcla y cambiando los métodos de compactación y curado se expondrá en este artículo sólo una parte de ellas con la intención de darle a este un orden que posibilite un mejor seguimiento del tema, destacando los puntos que se consideran más importantes, cuantificando en qué medida y de qué manera influye la viruta en el material en cuestión.

Para poder evaluar el desempeño del material en los comportamientos a flexión y compresión, y ver de qué manera influye la viruta en los valores de absorción y densidad, se realizaron dos grupos de dosificaciones para los que se varió la proporción cemento/cal del ligante total (Grupo I: 80/20, Grupo II: 60/40) y en cada uno de estos se fueron aumentando las proporciones del residuo para evaluar de qué manera se modifican las propiedades anteriormente mencionadas.

Dichos hormigones fueron elaborados con Cemento Portland Compuesto (CPC), arenas oriental y argentina (en una proporción 50/50) y la razón por la cual se decidió incorporar cal como un componente mas del hormigón fue expuesta anteriormente. Al momento de elaborar dichos hormigones se consideraba la posibilidad de controlar el tiempo de fraguado con CaCl_2 por lo que se observará también la cantidad incorporada de este material.

En la Tabla 2 se presentan las distintas dosificaciones (expresadas como relaciones de pesos, en %) con los resultados de sus propiedades físico – mecánicas. Estos se expresan como el promedio de 3 probetas para flexión, 4 para compresión y 2 para absorción y densidad. La notación VSC se refiere a **Viruta Sin Cromo**.

Tabla 2. Dosificación y propiedades físico – mecánicas.

Muestra	Proporciones de materiales					f'c (MPa)	MR (MPa)	δ (g/cm ³)	Absorción (%)
	ag/lig.	arena/lig.	viruta/lig.	cal/lig.	CaCl ₂ /lig				
VSC 0 I	0,60	1,00	0%	0,20	0,00	15,4	4,4	1,63	20,66
VSC 5 I	0,60	1,00	5%	0,20	0,05	8,8	2,7	1,53	22,73
VSC 12 I	0,60	1,00	12%	0,20	0,07	5,6	1,9	1,37	24,90
VSC 20 I	0,60	1,00	20%	0,20	0,10	4,0	1,4	1,31	25,97
VSC 24 I	0,60	1,00	24%	0,20	0,10	3,8	1,4	1,28	28,06
VSC 0 II	0,60	1,00	0%	0,40	0,00	7,8	2,4	1,59	23,40
VSC 5 II	0,60	1,00	5%	0,40	0,02	5,2	1,7	1,49	26,11
VSC 12 II	0,60	1,00	12%	0,40	0,05	4,0	1,4	1,39	28,63
VSC 20 II	0,60	1,00	20%	0,40	0,07	3,6	1,3	1,32	31,38
VSC 24 II	0,60	1,00	24%	0,40	0,10	3,1	1,2	1,30	32,50

Respecto a las dosificaciones de ambos grupos y para los distintos contenidos de viruta, en la Fig. 1 se puede observar como varía el volumen que aporta cada componente del hormigón al 100 % de mezcla. En ella se pueden observar fundamentalmente dos cosas: Primero y principal cómo disminuye el contenido total de ligante al aumentar el contenido de viruta, lo cual se refleja directamente en los costos del material, y por otro lado, como disminuye el volumen total de cemento con el reemplazo de cal (comparando el grupo II con el I) lo que también tiene una incidencia favorable en los costos. Para cuantificar el primer punto la Fig. 2 expresa, para cada grupo y cada contenido de viruta, la variación del ligante total referido al ligante total de mortero patrón (en peso).

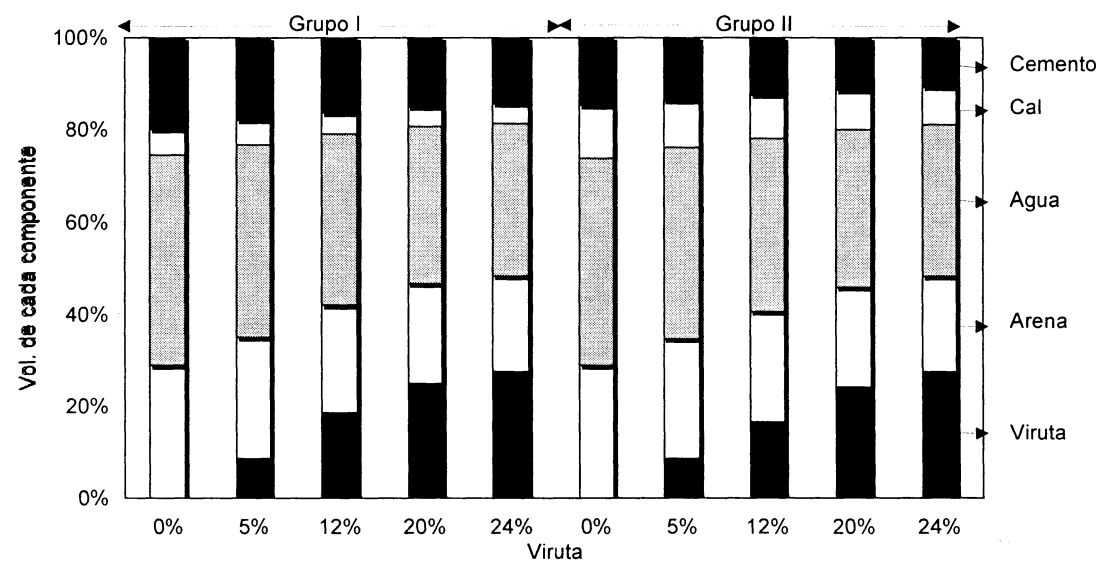


Figura 1. Proporciones en volumen que aporta cada componente al 100 % de la mezcla.

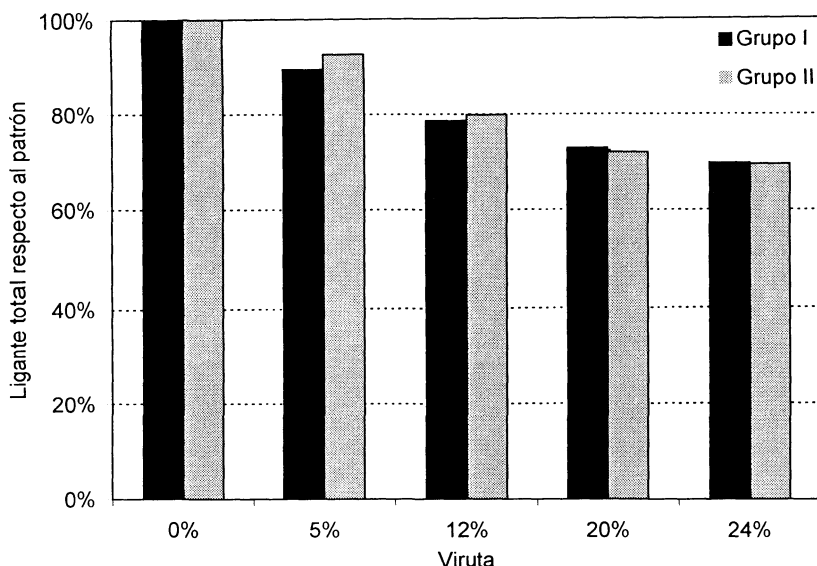


Figura 2. Reducción del ligante total (cemento y cal) al aumentar la proporción de viruta

Como se puede observar en la Fig. 2, para un porcentaje de viruta del orden del 20 %, el consumo de ligante total es un 30 % inferior que para el mortero patrón.

Resistencia, densidad y absorción

Las Fig. 3 a 6 muestran las propiedades físico - mecánicas expuestas en la Tabla 2.

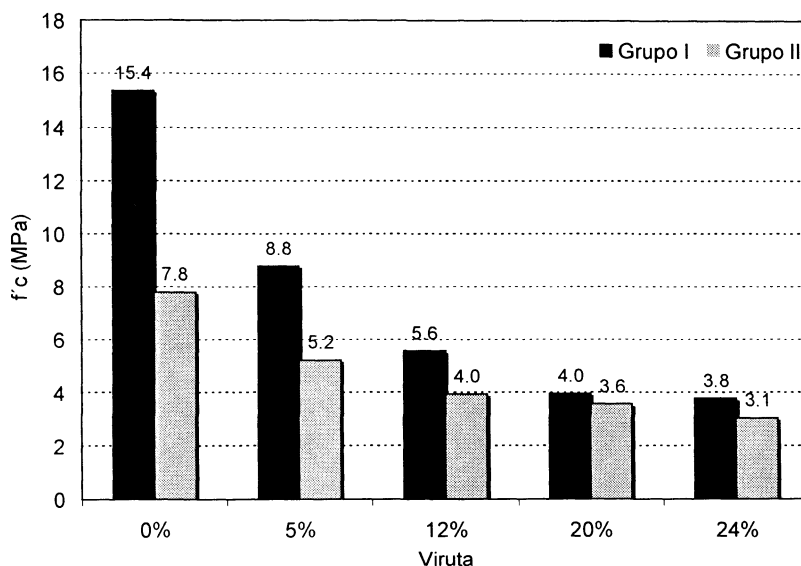


Figura 3. Variación de la Resistencia a Compresión con la proporción de viruta.

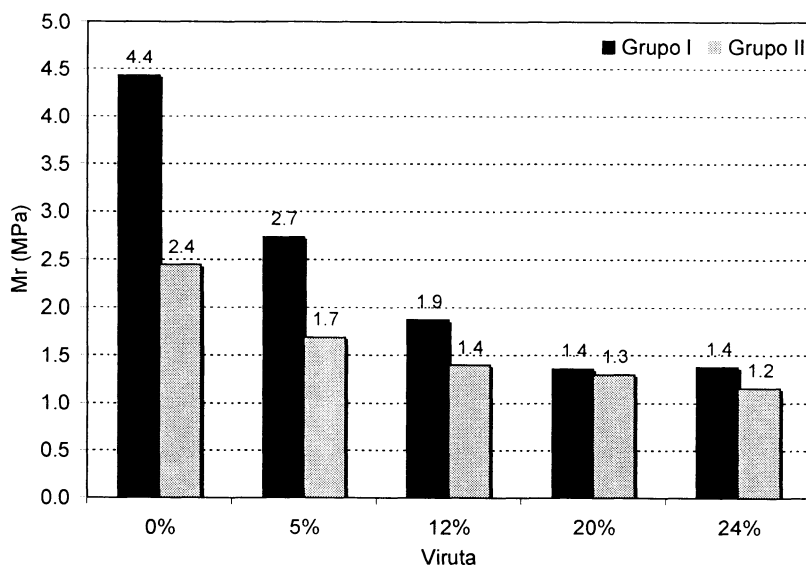


Figura 4. Variación del Módulo de Rotura con la proporción de viruta.

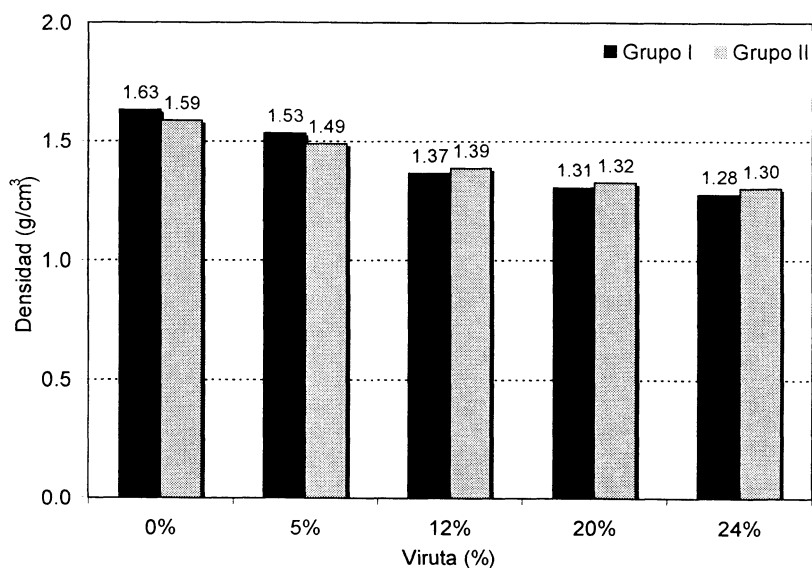


Figura 5. Variación de la densidad seca con la proporción de viruta.

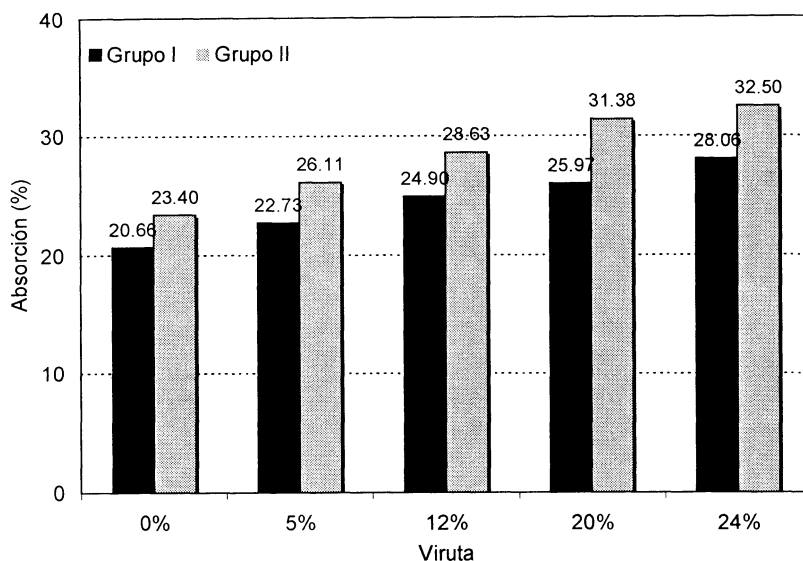


Figura 6. Variación de la absorción con la proporción de viruta.

En la Fig. 3 se puede observar un punto que de alguna manera ya fue comentado anteriormente, para el mortero patrón, la diferencia entre la resistencia a compresión de las probetas del grupo I es de aproximadamente el doble de la del grupo II debido obviamente al menor rendimiento de la cal como ligante. Al incrementar la proporción de viruta en la mezcla, se puede observar que esta diferencia se hace cada vez menor siendo en los casos extremos de sólo el 10 y 20 %, lo que refleja el hecho de que la resistencia del material, al aumentar la cantidad de viruta, depende poco de la resistencia de la matriz cementicea, dado que está condicionado por la mucha menor resistencia que tiene el residuo. Por último cabe comentar con respecto a esta figura que los valores de resistencia a la compresión de aquellos hormigones con las mayores cantidades de viruta arrojan resultados alentadores para muchas aplicaciones no estructurales teniendo en cuenta que son resultados de ensayos a 7 días.

Respecto a la Fig. 4, se percibe nuevamente que la diferencia del módulo de rotura entre ambos grupos se hace cada vez menor al aumentar la proporción de viruta aunque esta es algo menor que la pérdida que sufre la resistencia a compresión, probablemente debido a algún comportamiento como fibra que pueda perjudicar menos al momento de rotura.

En la Fig. 5 se observa una propiedad (si no la fundamental) que debiera destacarse en este material, su densidad. La baja densidad que tiene el residuo incorporado disminuye la densidad del material haciéndolo apto para la producción de elementos livianos para la construcción.

Absorción Capilar

Además de las propiedades físico – mecánicas anteriormente expuestas, se ha realizado un ensayo de absorción capilar con la intención de evaluar la capacidad y la velocidad de succión capilar, parámetro directamente asociado con la durabilidad de las estructuras que es fácilmente medible y que caracteriza la tendencia de un material poroso a absorber y transmitir agua por capilaridad. Este parámetro está dado por la relación entre la absorción capilar promedio y la raíz cuadrada del tiempo (pendiente de las curvas que surgen del ensayo).

En la Fig. 7 se puede observar cómo varía la velocidad de ascensión capilar en distintos materiales. Se eligieron para este ensayo algunos hormigones de viruta de cuero mostrados en la Tabla 3 y otros materiales de construcción para utilizar como referencia tales como: Ladrillo Común de arcilla (LC), Ladrillo Común de Arcilla con Viruta de Cuero (LV), un Bloque Cerámico (BC), un Bloque de Hormigón (BH) y una Loseta de Hormigón (LH)

Tabla 3. Proporciones de materiales de los hormigones utilizados

Probeta	Agua/Cemento	Arena/Cemento	Viruta/Cemento
Mortero Patrón	0.60	2.50	0.00
V9	0.60	1.00	0.13
V10	0.45	0.50	0.06
V11	0.60	0.00	0.16

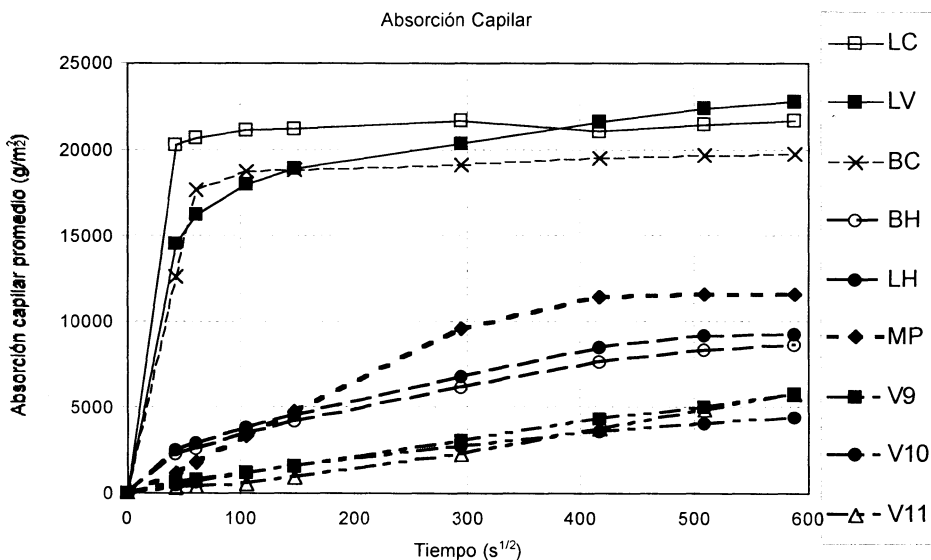


Figura 7. Absorción capilar.

Observando la figura que surge de dicho ensayo, se aprecia que en los hormigones de viruta la velocidad de ascensión capilar (pendiente de las curvas) disminuye apreciablemente respecto al mortero patrón y a los otros materiales, correspondiendo los mayores valores a los ladrillos de arcilla y al bloque cerámico.

Ciclos alternados de mojado y secado

Dado que la viruta de cuero se caracteriza entre otras cosas por ser un material de alta deformabilidad y retención de agua, se moldearon probetas prismáticas de $2.5 \times 2.5 \times 28$ cm que fueron sometidas a ciclos alternados de mojado y secado (sumergidos en agua a 20 ± 4 °C y en cámara seca (HR: 60 ± 5 % y T: 20 ± 2 °C)) con la intención de evaluar las variaciones dimensionales del hormigón de viruta. Para cuantificar dichas variaciones se midieron las probetas periódicamente con un comparador a la vez que se tomaron las variaciones de peso. Cada punto de la curva obtenida en el ensayo (Fig. 8 y 9) es el resultado de las mediciones realizadas sobre dos probetas para cada dosificación. El criterio que se utilizó para cambiar el estado de las probetas de sumergido a la cámara seca y viceversa fue la estabilización de pesos y deformaciones. Los hormigones de viruta utilizados para efectuar este ensayo fueron los mismos que los que se emplearon para hacer el ensayo de capilaridad con la salvedad de que aquí se hace referencia a los distintos tipos de curado de los hormigones V9 y V10 (Curados al aire (A) y curados en cámara húmeda (C))

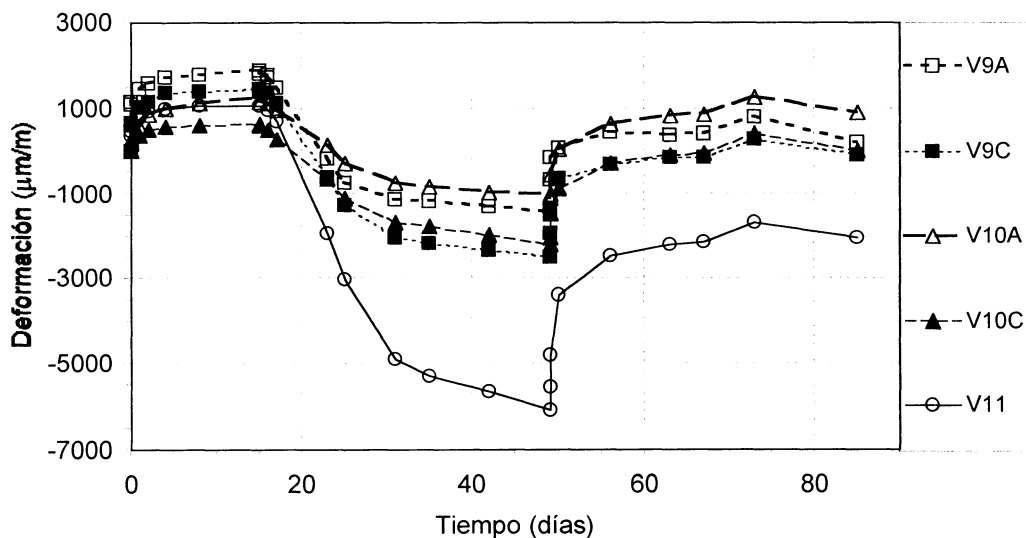


Figura 8. Variaciones de deformaciones en ciclos alternados de mojado y secado.

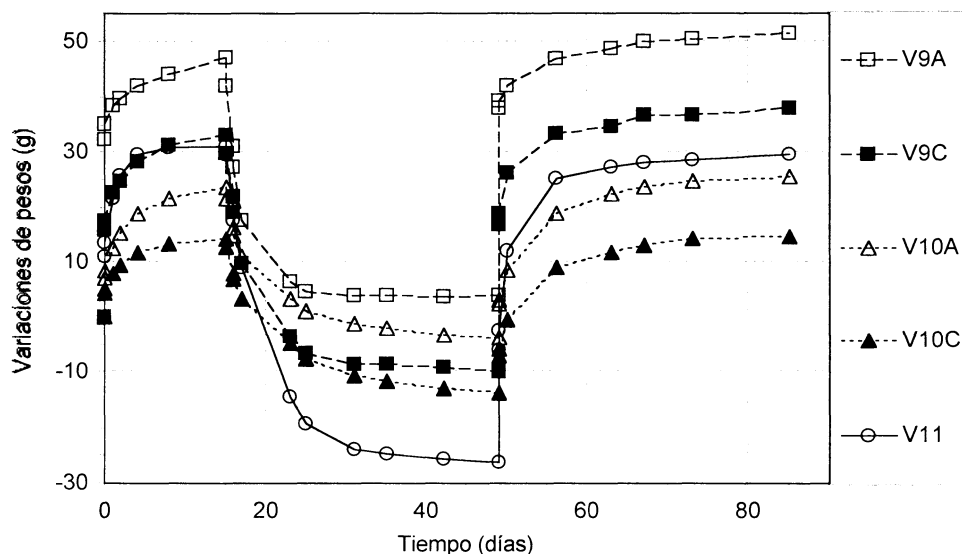


Figura 9. Variaciones de pesos en ciclos alternados de mojado y secado.

De las curvas anteriores se puede observar que:

- Las probetas curadas al aire experimentaron mayores deformaciones específicas que las probetas curadas en cámara húmeda ($\varepsilon_{\max} V_{9A} > \varepsilon_{\max} V_{9C}$ y $\varepsilon_{\max} V_{10A} > \varepsilon_{\max} V_{10C}$).
- Las deformaciones específicas son menores en aquellos hormigones con menores proporciones de viruta.
- Las muestras elaboradas sólo con cemento, agua y viruta (sin arena) experimentaron deformaciones específicas máximas mucho más importantes (del orden del doble de las anteriores). Esto puede atribuirse al hecho que dichas muestras poseen una mayor proporción de viruta y menor contenido de arena.
- Todas las probetas elaboradas con viruta de cuero arrojaron elevados valores de deformaciones específicas.
- Las variaciones de pesos siguen la misma tendencia que las variaciones de deformaciones específicas, aunque con una menor dispersión.

DURABILIDAD

Un tema muy importante a tener en cuenta y que ha tomado tanta trascendencia en estos tiempos, es la durabilidad. Siempre que uno mezcla un residuo orgánico con ligantes cálcicos, preocupa la compatibilidad entre dichos materiales. En el caso del residuo que estamos tratando, en estado fresco no se ha verificado ninguna señal que implique una incompatibilidad entre el residuo y el resto de los componentes del hormigón mas allá del retardo del fraguado comentado anteriormente. En lo que hace a su estado endurecido, depende de la dosificación que se realice. En el único caso en el que se ha constatado la presencia de hongos y muestras de deterioro es en aquellos hormigones en los cuales el volumen de viruta es del mismo orden o mayor que el del mortero. En el resto de los hormigones de viruta de cuero, su aspecto no presenta ningún tipo de alteraciones. Sólo en aquellos casos en que el material ha estado sometido a ciclos alternados de mojado y secado, se ha podido observar la presencia de manchas blancas en su superficie, posiblemente debido a un proceso de lixiviación de las sales presentes en la viruta, situación que posiblemente sea solucionada al lavar la viruta con agua antes de su utilización. No obstante, una vez definidas las propiedades para una dada aplicación, habrá que verificar los casos particulares.

CONSIDERACIONES FINALES

Si bien hasta el momento se han realizado avances importantes sobre el tema conociendo las particularidades inherentes a este nuevo material, sería muy apresurado formular una conclusión al respecto. Sin lugar a dudas, los resultados son más que alentadores y potencian el optimismo con el que se comenzó a tratar el tema pensando en futuras aplicaciones como por ejemplo la elaboración de bloques (tanto portantes como no portantes), paneles de distintos tipos, elementos de cerramiento externo y baldosas, entre otras. Cabe destacar que cada una de estas aplicaciones, además de las características técnicas, deberá considerar un estudio ambiental, de durabilidad a largo plazo y un estudio económico que permita justificar la viabilidad del uso de este material como un aporte a la construcción civil.

Finalmente cabe destacar que el desarrollo de los procesos tecnológicos orientados a valorizar los residuos sólidos de curtiembre resultará en beneficios para la industria al facilitar la disposición de los mismos a través de emprendimientos comerciales. Asimismo, el tratamiento de los residuos sólidos consolida la estrategia de producción limpia a la que toda empresa se ve compelida para la protección del medio natural, dando así respuesta a las exigencias de una sociedad cada vez más consciente de la necesidad de preservar nuestro hábitat, posición ésta que enaltece la imagen de la curtiembre. En este sentido, el empleo de productos elaborados con ligantes cálcicos ya sea para aislar los residuos o para incorporarlos entre sus componentes, constituye una alternativa a considerar.

REFERENCIAS

- (1) Masuero, A. B., Dal Molin, D., Vilela, A. F. "Utilizacáo de residuos de curo curtido ao cromo como materiais de construçáo" Curso Postg. Eng. Civil U.F.R.Grande do Sul, P. Alegre, 1996.
- (2) Piazza Recena, F. A., y Soares Reschke, J. "A utilizaçáo de residuos de couro a base de cromo na produçáo de componentes para a construçáo civil", en Sustainable construction into the next millennium: environmentally friendly and innovative cement based materials, Ed. P. Barbosa, N., Swamy, R.N. and Lynsdale, C. 2000, pp. 505–517.
- (3) Hummel, A. "Prontuario del hormigón", 1996, Cap. XIV y XV pp. 245 – 271.
- (4) Cantera, C., Giaccio, G., y Zerbino, R. "Empleo de residuos sólidos de la industria del cuero en materiales de construcción" Ciencia y Tecnología del Hormigón, N° 9, 2002, pp. 23-28.
- (5) Cantera, C., "Depilados conservadores ¿Qué hacer con el pelo?" – Tecnología del cuero Año 5, nº25, pp. 21 – 31, 1995. En- Industria & Química nº 325, 36 – 42, 1996.